



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

MOST PŘES JEŠTĚDKU V BOHUMILČI

BRIDGE OVER JEŠTĚDKA IN BOHUMILEČ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Herbert Brause

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STRNAD, Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Herbert Brause
Název	Most přes Ještědku v Bohumilči
Vedoucí práce	Ing. Jiří Strnad, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2020
Datum odevzdání	28. 5. 2021

V Brně dne 30. 11. 2020

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

EC a ČSN z oboru betonových, zděných a ocelových staveb, geotechniky atd. (včetně změn a doplňků)

Skripta, podklady a opory používané ve výuce na ÚBZK FAST VUT v Brně

Výpočetní programy pro PC

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Proved'te posouzení stávajícího mostu a případně návrh nového mostu, pokud bude zjištěno, že stávající most již není schopen plnit svoji funkci. Vypracujte statický výpočet a výkresy tvaru a výztuže. Terén a zaměření se provede na místě samém a bude součástí náplně práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje průvodní zprávu a ostatní náležitosti v souladu s platnými směrnici)

Přílohy textové části:

P1. Použité podklady

P2. Zpráva o zaměření a zjištění podkladů pro další analýzu (geometrie, materiálové parametry)

P2. Výkresy (přehledné, podrobné a detaily v rozsahu určeném vedoucím práce)

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě podle směrnic a 1x na CD.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Jiří Strnad, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Předmětem bakalářské práce je posouzení stávajícího trémového mostu s ocelovými I profily a návržení nového rámového mostu. Jedná se o most o jednom poli přes řeku Ještědku v Bohumilči s rozpětím 5,454 m.

KLÍČOVÁ SLOVA

Silniční most, Jednopolový most, Posouzení, Rámový most, Integrovaný most

ABSTRACT

The subject of the bachelor's thesis is the assessment of the existing girder bridge with steel I-profiles and the design of a frame bridge. It is a bridge with one field over the river Ještědka in Bohumileč with a span of 5,454 m.

KEYWORDS

Road bridge, Single-half bridge, Beam bridge, Assessment, Frame bridge, integrated bridge.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Herbert Brause *Most přes Ještědku v Bohumilči*. Brno, 2021. 37 s., 108 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových
a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Jiří Strnad, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Most přes Ještědku v Bohumilči* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 2. 3. 2021

Herbert Brause
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Most přes Ještědku v Bohumilči* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 2. 3. 2021

Herbert Brause
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu práce panu Ing. Jiřímu Strnadovi, Ph.D. za praktické rady. Dále bych chtěl poděkovat Tomášovi Dvořákovi za asistenci při zaměřování mostu.

.

Obsah

1	Úvod	4
2	Zaměření stávajícího mostu	5
2.1	Geometrie stávajícího mostu.....	5
2.2	Zhodnocení stavu nosné konstrukce	7
2.3	Zatížení mostu	7
3	Stanovení zatížitelnosti stávajícího mostu	8
3.1	Normální zatížitelnost.....	8
3.1.1	Postup výpočtu	8
4	Posouzení stávajícího mostu podle EN	10
4.1	Zatížení mostu LM2	10
4.2	Posouzení nosníku na ohyb	11
5	Návrh integrovaného rámového mostu.....	11
5.1	Integrované mosty obecně	11
5.2	Schéma navrženého mostu.....	11
5.3	Nosná konstrukce	12
5.4	Vozovka	13
5.5	Římsy.....	13
5.6	Zábradlí.....	13
5.7	Spodní stavba	13
5.8	Odvodnění spodní stavby.....	13
5.9	Přechodový klín.....	13
6	Materiálové charakteristiky	14
7	Spolupůsobení integrovaného mostu se zeminou	14
7.1	Vyjádření vlivu spolupůsobení se zeminou.....	16
8	Výpočtový model.....	16
8.1	Kontrola výpočtového modelu	17
9	Zatížení	18
9.1	Vlastní tíha	18
9.2	Ostatní stálé.....	18
9.3	Zatížení dopravou	19
9.4	Zatížení zemními tlaky	22
9.5	Zatížení rovnoměrným oteplením.....	22
9.6	Zatížení rovnoměrným ochlazením	22
9.7	Zatížení oteplením horního povrchu konstrukce	23
10	Kombinace zatížení	23
10.1	Pro mezní stav únosnosti	23
10.2	Pro mezní stav použitelnosti	23



11	Návrh a posouzení desky na MSÚ.....	23
	Interakční diagram desky	24
12	Posouzení desky na MSP	24
12.1	Omezení napětí.....	25
12.2	Omezení šířky trhliny	25
12.3	Omezení průhybu.....	26
13	Návrh a posouzení rámové stojky – opěry	26
13.1	Zatížení.....	26
13.2	Ohybová výztuž.....	27
13.3	Smyková výztuž	27
13.4	Posouzení na MSÚ	27
14	Návrh a posouzení základu	27
14.1	Základová spára.....	27
14.2	Výstupek základu	27
15	Mostní křídlo	28
15.1	Výpočetní model	28
15.2	Zatížení	28
15.3	Návrh a posouzení výztuže	30
16	Seznam použité literatury	31
17	Seznam příloh	31
18	Seznam obrázků.....	31

1 Úvod

Předmětem této práce je zaměření a následné posouzení stávajícího jednopólového trémového mostu s ocelovými I nosíky. Bude stanovena zatížitelnost mostu, vyhodnotí se mezní stavy použitelnosti a následně se navrhne integrovaný rámový most.

V první fázi se most zaměří a stanoví se materiálové charakteristiky, následovat bude ruční výpočet zatížitelnosti.

V druhé fázi se navrhne rámový most, stanoví se jeho spolupůsobení se zeminou, dále proběhne analýza zatížení pomocí programu SCIA Engineer a nakonec se navrhnu vhodné průřezy a vyztužení rámové konstrukce a mostních křídel.

2 Zaměření stávajícího mostu

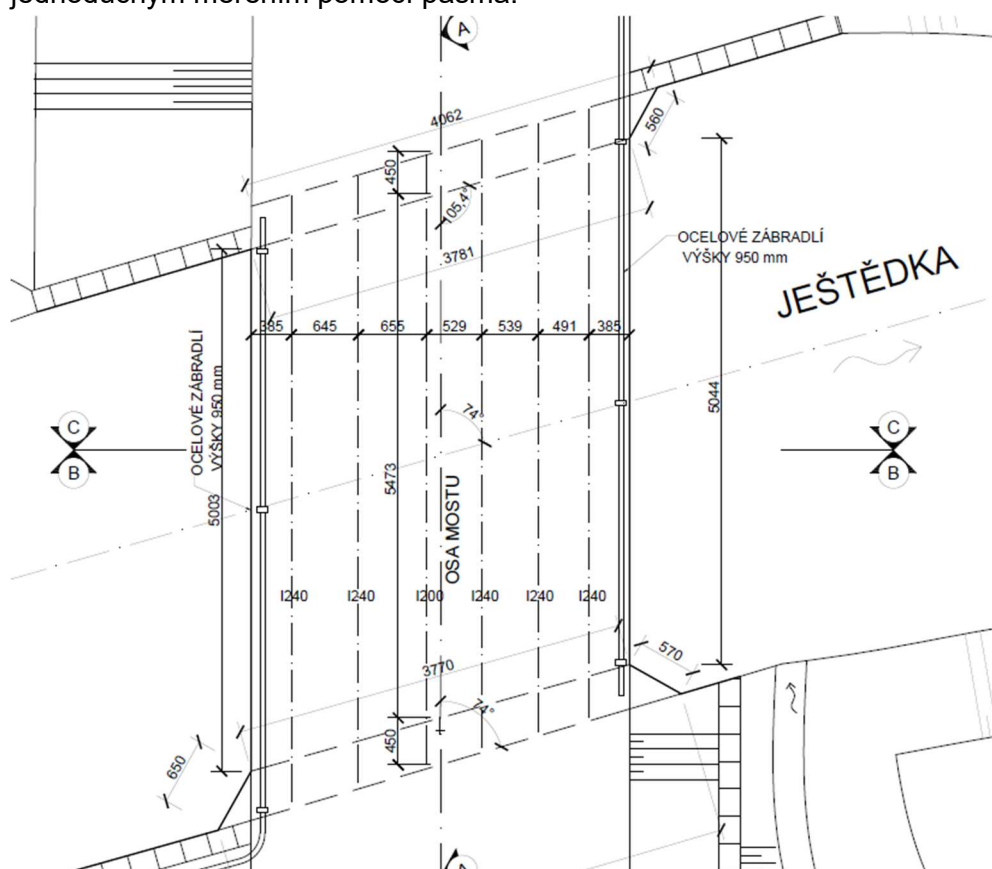
Cílem zaměření mostu je získat základní údaje o jeho geometrii, stavu nosné konstrukce, zatížení působící na most a průřezových a materiálových charakteristik nosné konstrukce.



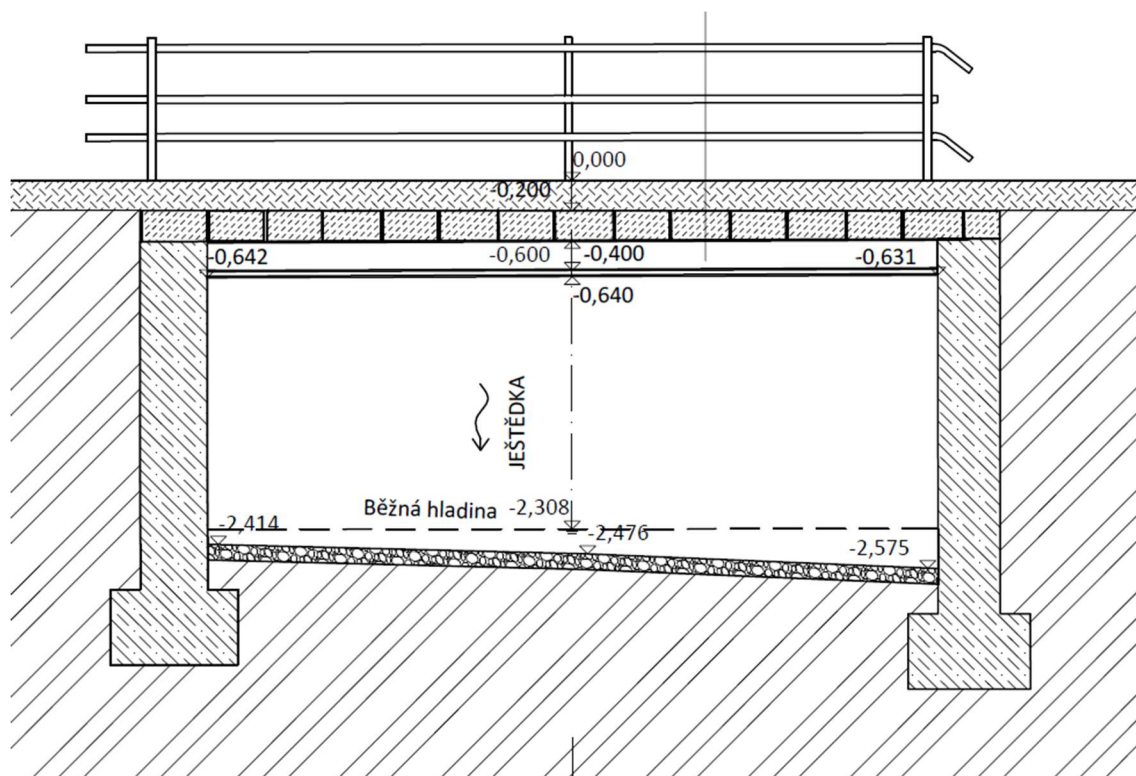
Obr. 1 Pohled na stávající most

2.1 Geometrie stávajícího mostu

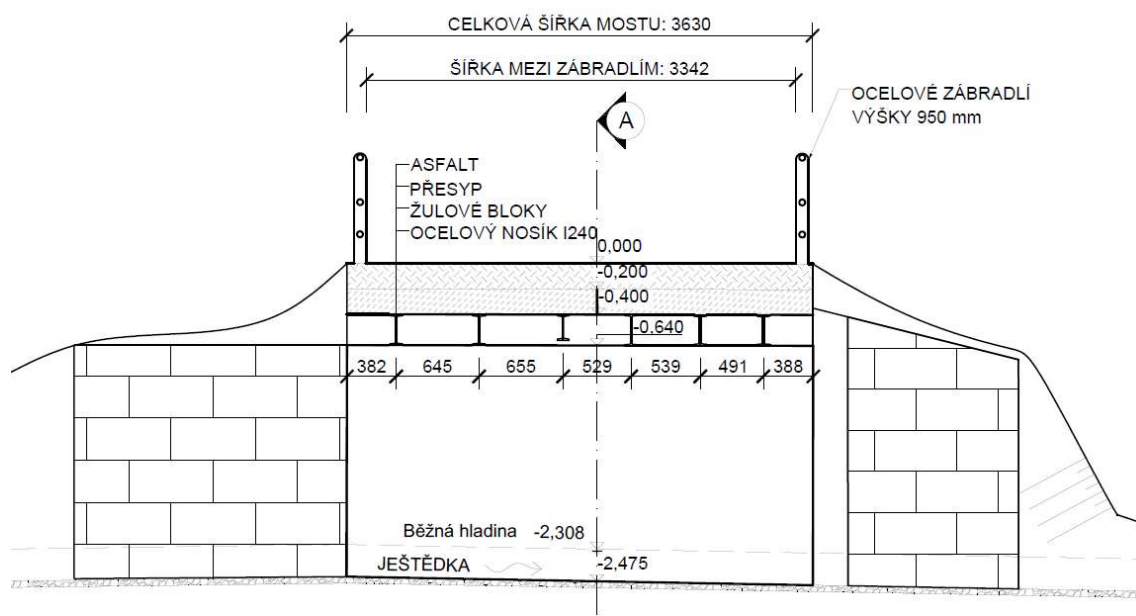
Geometrie stávajícího mostu byla zaměřena využitím nivelačního přístroje a jednoduchým měřením pomocí pásma.



Obr. 2 Geometrie stávajícího mostu



Obr. 3 Podélný řez stávajícího mostu



Obr. 4 příčný řez stávajícím mostem

2.2 Zhodnocení stavu nosné konstrukce

Na mostě byli provedeny dvě informativní metody. Pro stanovení pevnosti beton opěr byla použita Špičáková informativní metoda podle prof. Cigánka. Pro stanovení pevnosti ocelových nosníků byla použita metoda POLDI.

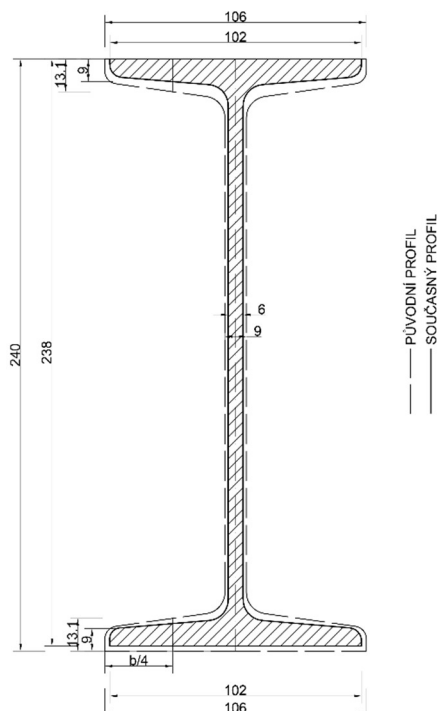
Z výše uvedených metod se po vyhodnocení získali následující informace.

Pevnost betonu opěr byla stanovena jako C25 / 30.

Pevnost posuzovaných nosníku byla stanovena jako 370 MPa.

Při prohlídce mostu byla také zjištěna značná koroze nosných nosníků.

Následující obrázek zobrazuje znatelný úbytek plochy nosníku.



Obr. 5 Oslabený průřez nosníku

2.3 Zatížení mostu

Na současný most působí stálá zatížení od krytu vozovky a žulových bloků, které jsou položeny napříč přes nosné ocelové nosníky.

vrstva	tl. [m]	objemová tíha [kN/m ³]	tíha na jednotkovou plochu [kN/m ²]
kryt vozovky a podkladní vrstva	0.2	21	4.2
žulové bloky	0.2	28	5.6
celkem			9.80 kN / m ²

Obr. 6 Stálá zatížení na stávající most

3 Stanovení zatížitelnosti stávajícího mostu

Po zaměření mostu, zjištění průřezových a materiálových charakteristik a stanovení zatížení působících na most lze přikročit k výpočtu zatížitelnosti mostu.

3.1 Normální zatížitelnost

Normální zatížitelnost V_n

je největší okamžitá celková hmotnost jednoho vozidla, které může přejíždět most bez dopravních omezení, v libovolném počtu a bez omezení chodců a cyklistů.

Obecně je zatížitelnost mostu dána nejnižší hodnotou ze zatížitelností jednotlivých prvků nosné konstrukce a spodní stavby.

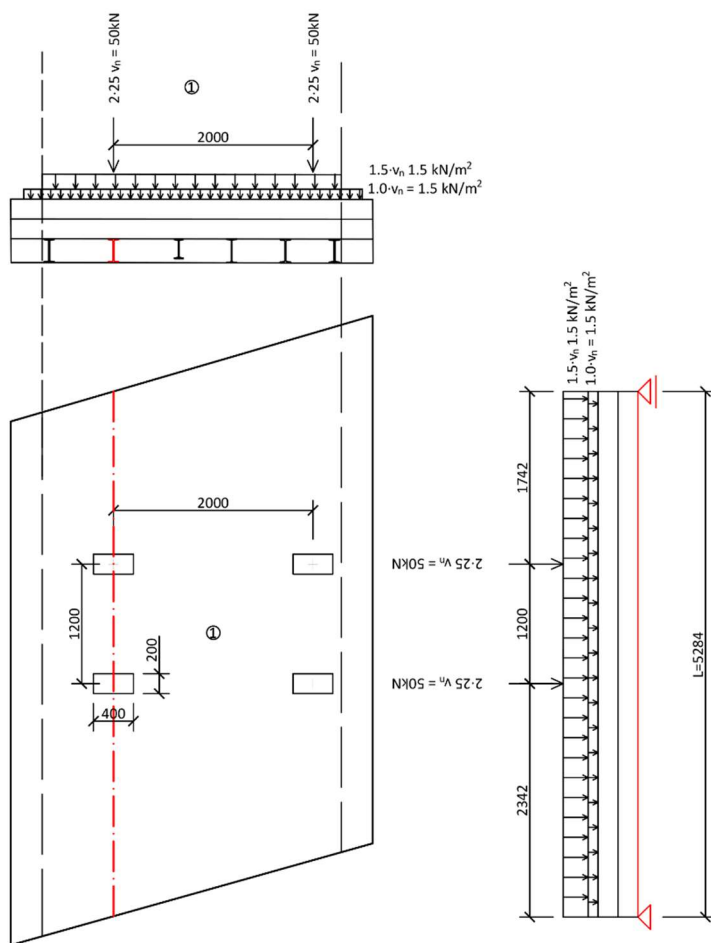
3.1.1 Postup výpočtu

Výpočet normální zatížitelnosti byl proveden pomocí normy ČSN 73 6222 – Zatížitelnost mostů pozemních komunikací.

Byl použit následující postup

- Konstrukce se zatíží zadními dvounápravami 2 x 50 kN
- Rovnoměrným spojitým zatížením 2,5 kN/m² v pruhu 1
- Rovnoměrným spojitým zatížením 1 kN/m²

Zatížení shrnuje následující obrázek



Obr. 7 Schéma zatížení pro výpočet normální zatížitelnosti

Ohybový moment od takto stanoveného zatížení byl vyčíslen jako:

$$M_{vk,1,1} = 58,32 \text{ kNm}$$

Dalším krokem je výpočet momentu $M_{Vk,1}$ pro jeho stanovení se využijí rovnice 6.10.a a 6.10.b

Pro něj je třeba znát i momenty od zatížení stálých zatížení

Hledaný moment je pak větší z:

$$M_{Vk,1,a} = \frac{M_{Rd} - \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot M_{Gk,j} - \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i}}{\gamma_V \cdot \psi_{0,1}}$$

$$M_{Vk,1,b} = \frac{M_{Rd} - \sum_{j \geq 1} \xi \cdot \gamma_{G,j} \cdot M_{Gk,j} - \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i}}{\gamma_V}$$

$$M_{Vk,1} = 52,66 \text{ kNm}$$

Následuje vyčíslení normální zatížitelnosti.

$$v_n = \frac{M_{vk,1}}{\delta \cdot M_{Vk,1,1}} \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

$$v_n = 0,72 \text{ kN/m}^2$$

Číselná hodnota zatížení na zadní nápravu

$$V_{aw} = 100 \cdot v_n \text{ (kN)}$$

$$V_{aw} = 72,2 \text{ kN}$$

Tíha vozidla, které odpovídá normální zatížitelnosti

$$V_{nw} = \frac{4}{3} \cdot V_{aw} \text{ (kN)}$$

$$V_{nw} = 96,3 \text{ kN}$$

Normální zatížitelnost

$$V_n = \frac{1}{10} \cdot V_{nw} \text{ (t)}$$

$$V_n = 9,63 \text{ t}$$

Normální zatížitelnost je v prvním kroku výpočtu dána jako 9,63 t.

Pokud je normální zatížitelnost stanovena menší než 16 t, je nutno nahradit dvounápravu náhradní jednoduchou nápravou.

Přední náprava se nahradí rovnoměrným zatížením.

Moment od takto definovaného zatížení:

$$M_{Vk,1,1} = 74,47 \text{ kNm}$$

Následuje již výše uvedený postup.

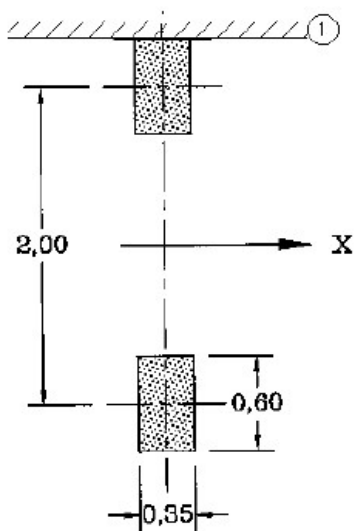
Normální zatížitelnost je pak stanovena jako:

$$V_n = 7,47 \text{ t}$$

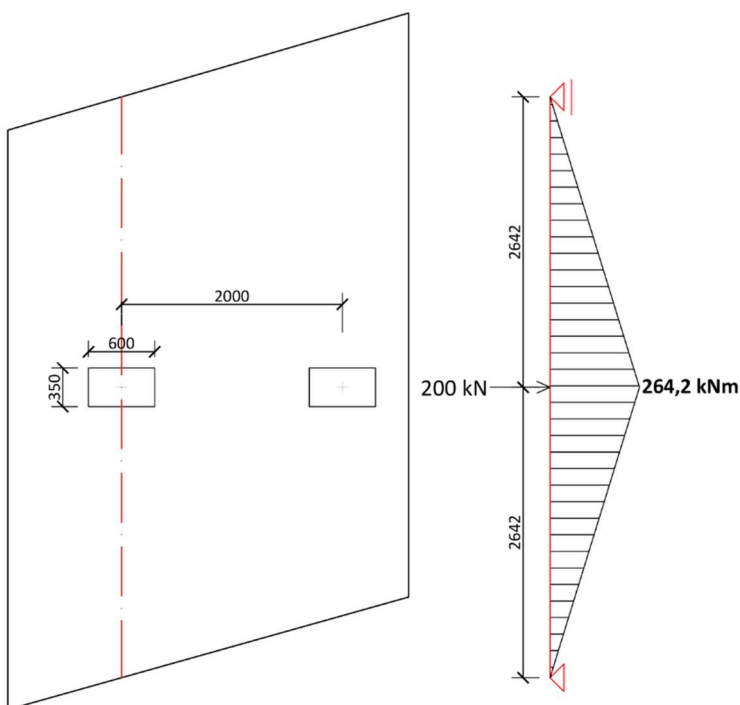
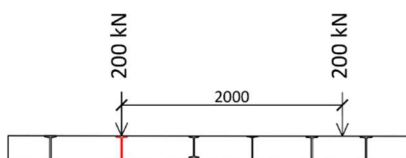
4 Posouzení stávajícího mostu podle EN

Pro mosty malých rozpětí řádově do je vhodné použít zatěžovací model LM2

4.1 Zatížení mostu LM2



Obr. 9 Load Model 2



Obr. 8 Postavení LM2 pro Maximální moment

4.2 Posouzení nosníku na ohyb

Návrhová únosnost v ohybu byla stanovena pomocí pevností získaných při zaměřování mostu jako:

$$M_{Rd} = \frac{f_y \cdot W}{\gamma_{M1}}$$

$$M_{Rd} = 370 \cdot 10^3 \cdot 249000 \cdot 10^{-9} / 1,1$$

$$M_{Rd} = 83,75 \text{ kNm}$$

Jednotkový posudek je pak:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} = \frac{392,5}{83,75} = 4,7 > 1,0 \rightarrow \text{NEVYHOVUJE}$$

Jednoduchým statickým výpočtem bylo dokázáno, že most nevyhovuje současným normovým předpisům.

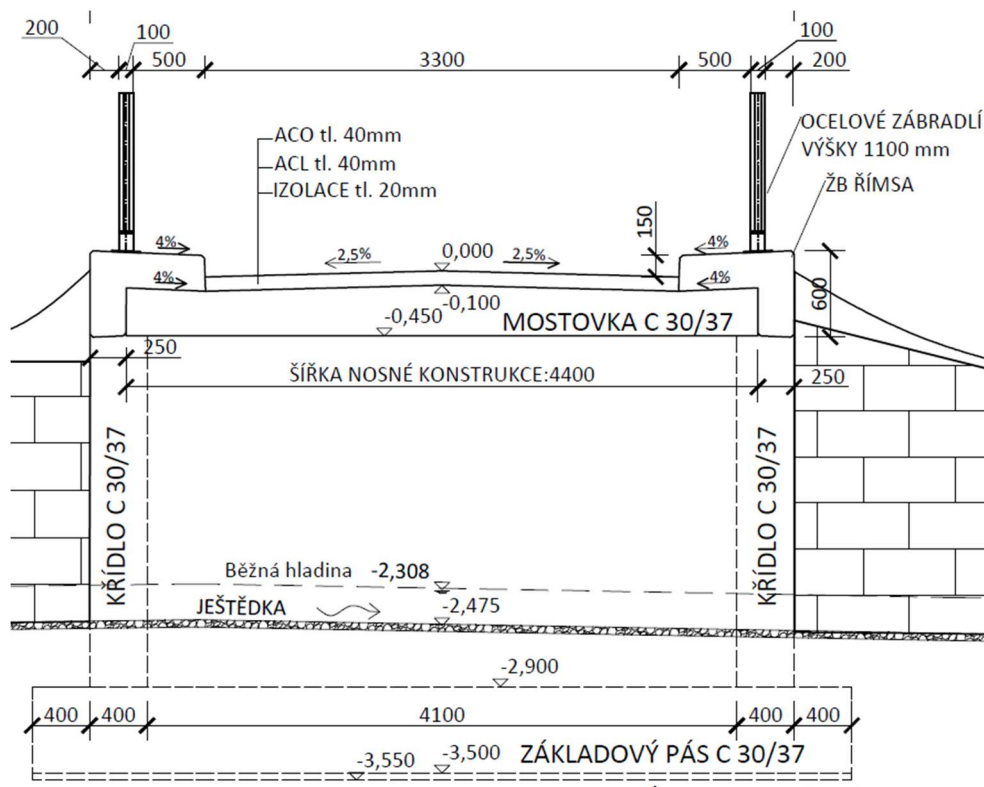
5 Návrh integrovaného rámového mostu

5.1 Integrované mosty obecně

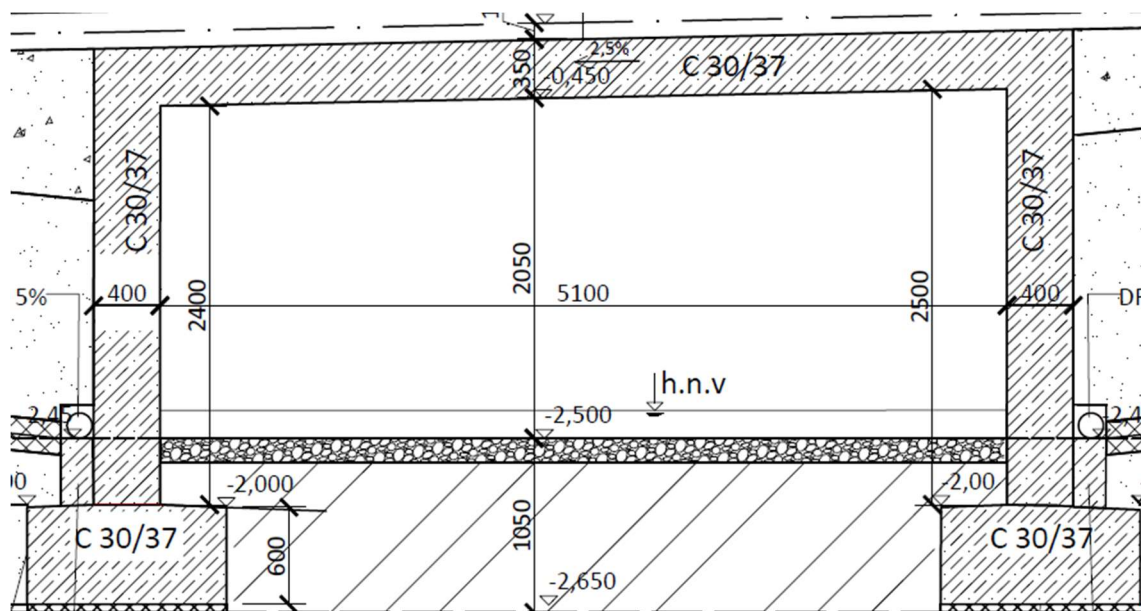
Integrované mosty se od tradičních liší tím, že neobsahují mostní závěry a ložiska. To se projevuje jak v konstrukční uspořádání, tak i ve statickém působení.

Pro návrh integrovaného mostu je pak zásadní omezení volných dilatací a spolupůsobení spodní stavby a zeminy.

5.2 Schéma navrženého mostu



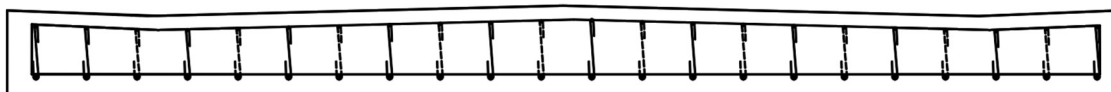
Obr. 10 Navržený nový most - příčný řez



Obr. 11 Navržený most podélný řez

5.3 Nosná konstrukce

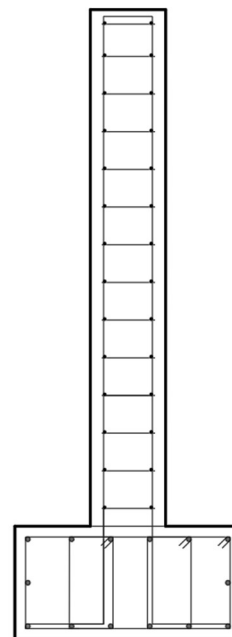
Nosná konstrukce je tvořena ŽB deskou šířky 4,4m (měřeno kolmo na osu mostu) a překonává délku 5,1m. Horní povrch je vyspádovaný, jednotlivé sklony jsou 4%. Uprostřed má deska výšku 0,35 m.



Obr. 12 ŽB deska

A rámovou stojkou neboli opěrou.

Opěra je poměrně štíhlá konstrukce s šířkou 0,4m a výškou 2,7 m v dolní části přechází do ŽB základového pásu o šířce 1,2m a výšce 0,6m.



Obr. 13 Opěra

5.4 Vozovka

Skladba vozovky:

Asfaltový beton pro obrusné vrstvy	ACO11+	50/70	40 mm
Spojovací postřik	PS – C	0,25 kg/m ²	
Asfaltový beton pro obrusné vrstvy	ACP16+	50/70	40 mm
Izolační souvrství			10 mm
Celkem			140 mm

5.5 Římsy

Římsy jsou z monolitického betonu C30/37 a betonářské výztuže B500 B.

Šířka říms je 800 mm a délka 11,3 m. Na horním i dolním povrchu je sklon 4.

Výška říms nad vozovkou 150 mm, hrana říms je u vozovky upravena do sklonu 1:5.

Hrany jsou zkoseny o 15x15 mm. Rozdíl mezi nosnou konstrukcí a dolní hranou vyložení je 50 mm.

5.6 Zábradlí

Ocelové zábradlí výšky 1,1m. Výplň mezi jednotlivými sloupky musí být maximálně ve 0,12 metru. Zábradlí je zakotveno do římsy.

5.7 Spodní stavba

ŽB opěry C30/37, široké 0,4m které zároveň tvoří i nosnou konstrukci založené na základovém ŽB vyztuženém páse šířky 1,2m.

Opěry jsou odizolované asfaltovým pásem proti působení zemní vlhkosti.

5.8 Odvodnění spodní stavby

Spodní stavba je odvodněna drenážním žebrem o šířce 0,6 m a pomocí perforované trubky ve sklonu 3%.

5.9 Přechodový klín

Je navržen jako štěrkový klín 0 - 32 zhuťněný na 100% P.s. ve sklonu 1:10.

6 Materiálové charakteristiky

BETON C30 /37		
Charakteristická pevnost v tlaku	f_{ck}	30
Průměrná hodnota pevnosti v tlaku	f_{cm}	38
Průměrná hodnota pevnosti v tahu	f_{ctm}	2.9
Dolní kvantil pevnosti v tahu	$f_{ctk\ 0,05}$	2
Horní kvantil pevnosti v tahu	$f_{ctk\ 0,95}$	3.8
Střední hodnoty modulu pružnosti α	E_{cm}	33 Gpa
Mezní přetvoření	ε_{cu3}	3.5 ‰
	α_{cc}	0.9
	α_{ct}	1
Součinitel spolehlivosti betonu	γ_c	1.5
Návrhová pevnost v tlaku	$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$	18 MPa
Návrhová pevnost v tahu	$f_{cd} = \frac{\alpha_{ct} \cdot f_{ctk\ 0,05}}{\gamma_c}$	1.33 MPa

Obr. 15 Materiálové charakteristiky betonu C30/37

Betonářská výztuž B500B		
Charakteristická mez kluzu	f_{yk}	500 MPa
Návrhová pevnost	f_{yk}/γ_s	434.78 MPa
Mezní přetvoření	$\varepsilon_{yd} = f_{yd}/E_s$	2.17 ‰
Součinitel spolehlivosti výztuže	γ_s	1.15
Střední hodnota modulu pružnosti	E_s	200 Gpa

Obr. 14 Materiálové charakteristiky výztuže B500B

7 Spolupůsobení integrovaného mostu se zemínou

Pro sestavení výpočtového modelu je třeba znát spolupůsobení mostu a zeminy.

Rámový most je při oteplení roztahován do zeminy, tuhost zeminy ovlivňuje velikosti posunů mostu a normálových sil.

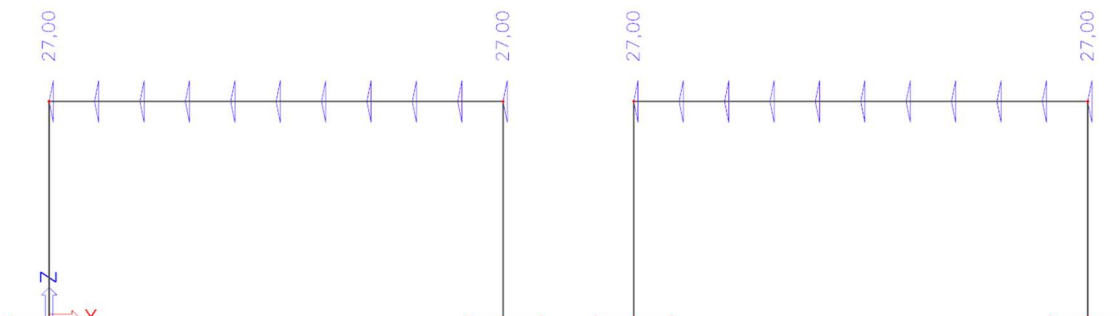
Konstrukce bez působení okolní zeminy



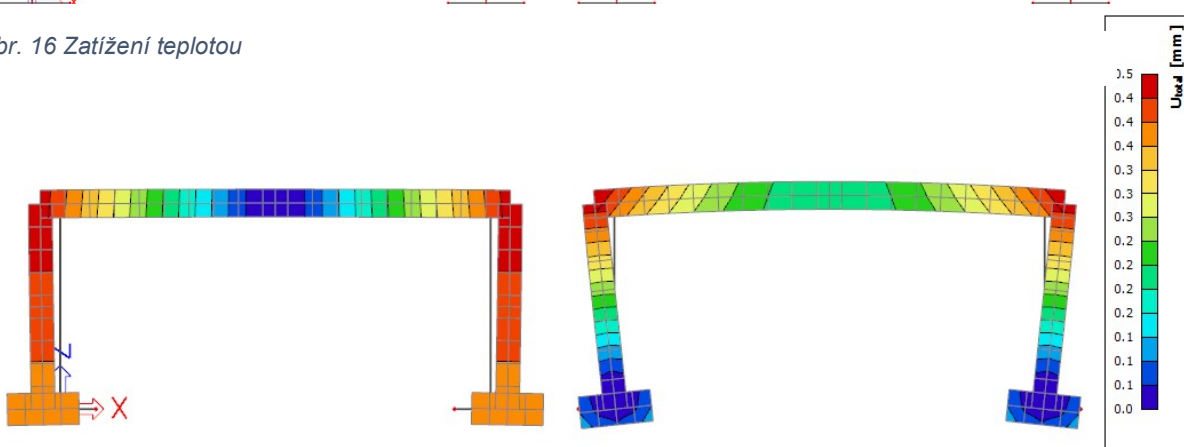
Konstrukce s pružným podepřením



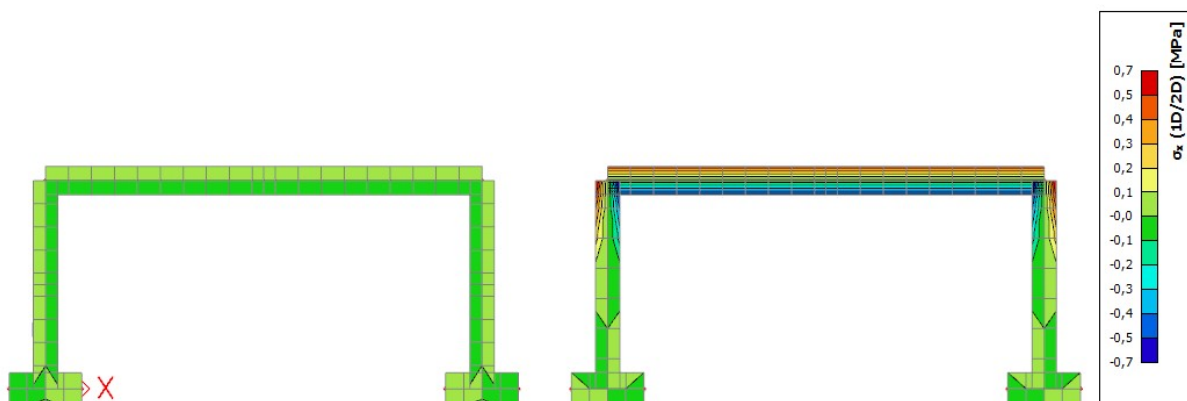
Obr. 18 Výpočtový model pro konstrukci s a bez působení zeminy



Obr. 16 Zatížení teplotou

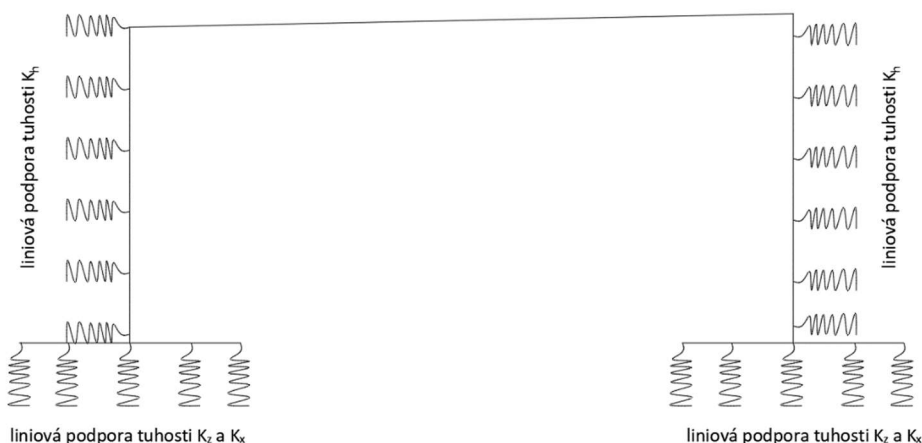


Obr. 17 Rozdílné posuny



Obr. 19 Rozdílné napětí v konstrukcích

7.1 Vyjádření vlivu spolupůsobení se zemínou

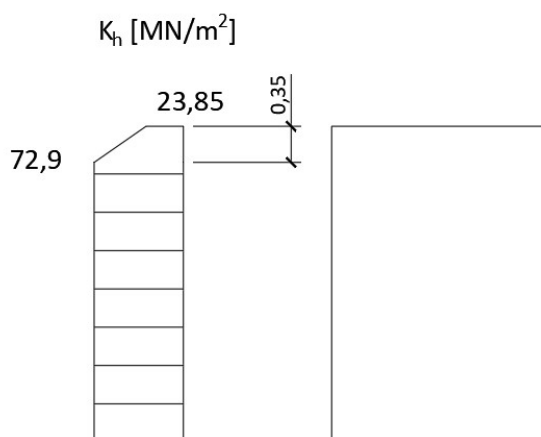


Obr. 20 Podepření konstrukce zemními pružinami

Výpočet tuhostí je například uváděn v Technických podmínkách TP 261 kde je zmíněn praktický postup výpočtu.

Ruční výpočet je uveden ve statickém výpočtu.

Vypočtené hodnoty Tuhostí zemních pružin.



Obr. 21 Tuhosti zemních pružin ve vodorovném směru

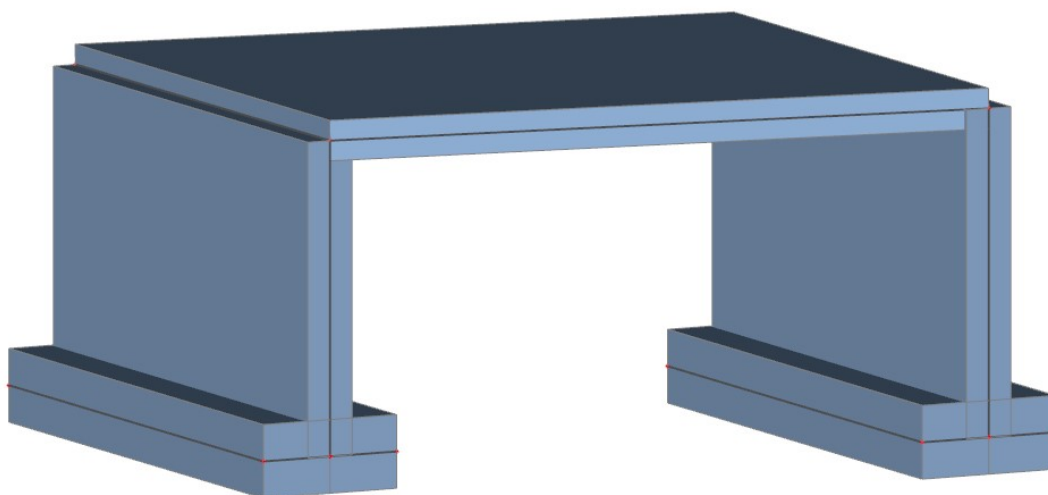
8 Výpočtový model

Výpočtový model byl vytvořen v programu SCIA Engineer 20.0.

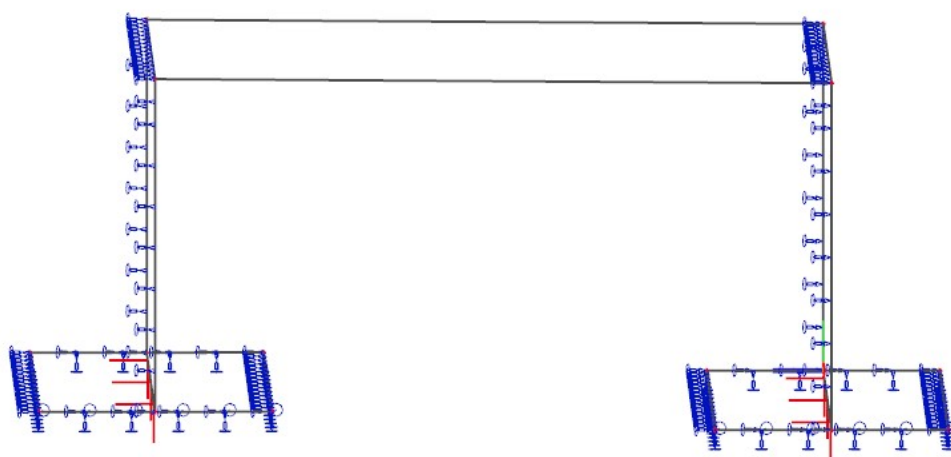
Nosná konstrukce vytvořena pomocí skořepinových prvků.

Podpory byli modelovány jako pružiny s tuhostí vypočítaných výše zmíněným postupem, v podporách byl vyloučen tah, což vedlo na nelineární výpočet.

Proměnný průřez mostní desky byl nahrazen obdélníkem s náhradní výškou, tak aby plocha průřezu byla zachována.



Obr. 22 Axonometrický pohled na výpočtový model

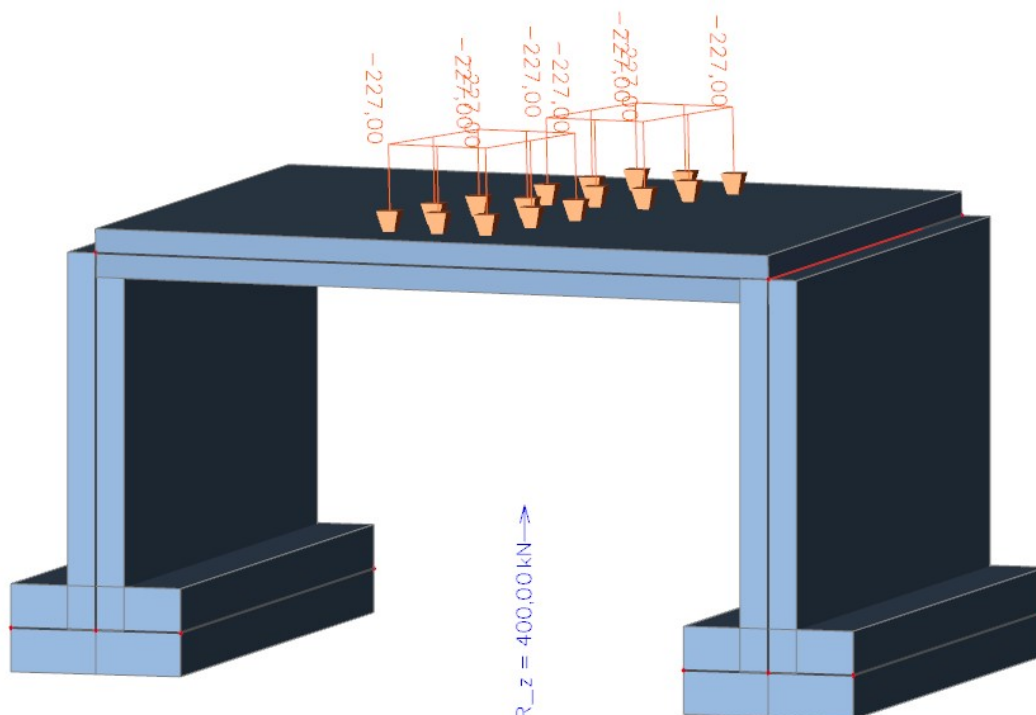


Obr. 23 Model s podporami

8.1 Kontrola výpočtového modelu

Kontrola výslednice reakcí:

Model byl zkontrolován pro zatížení LM2 o celkové hodnotě 400 kN



Obr. 24 Kontrola výslednice reakcí pro LM2

9 Zatížení

9.1 Vlastní tíha

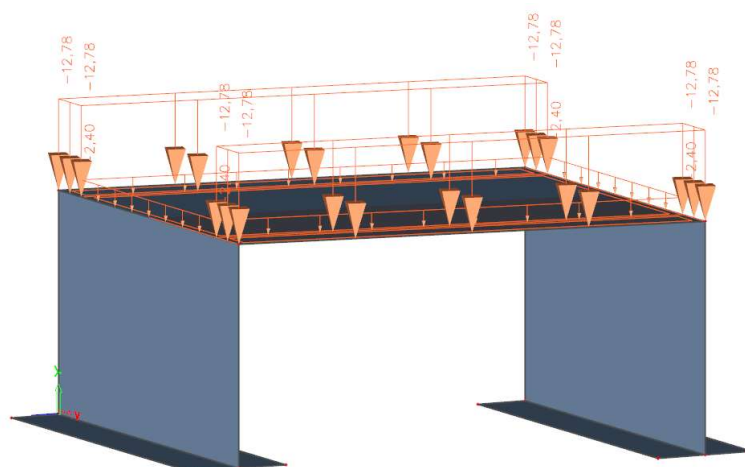
Vlastní tíhu generuje SCIA Engineer sám.

9.2 Ostatní stálé

Zatížení římsou: 12,78 kN/m²

Zatížení vozovkou: 2,4 kN/m²

Zatížení zábradlím: 1 kN/m

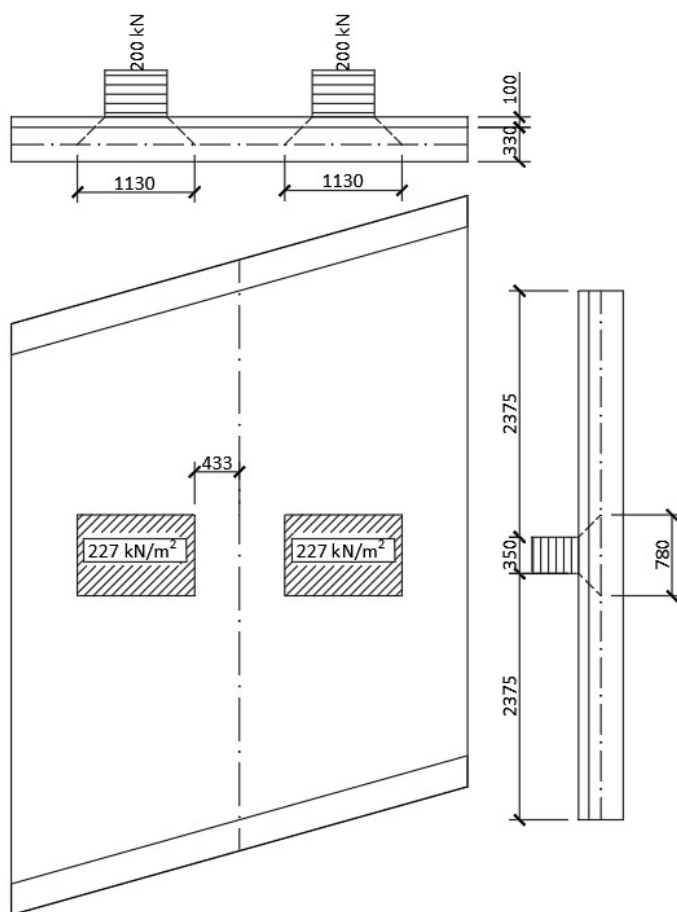


Obr. 25 Ostatní stálé

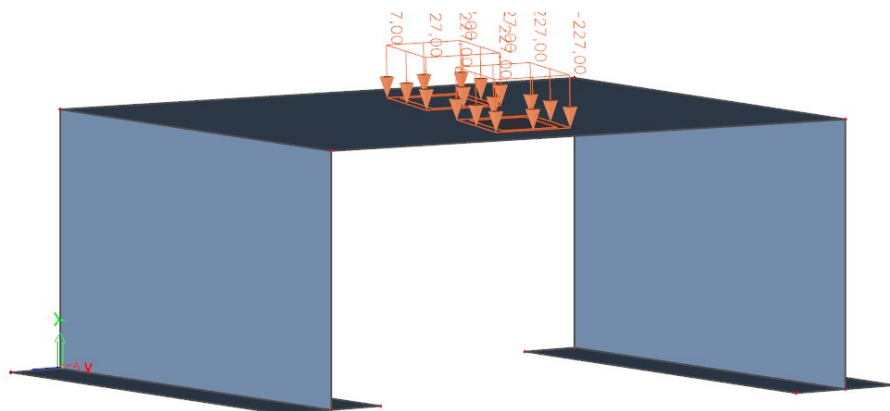
9.3 Zatížení dopravou

Byl uvažován pouze LM2 ve třech postaveních

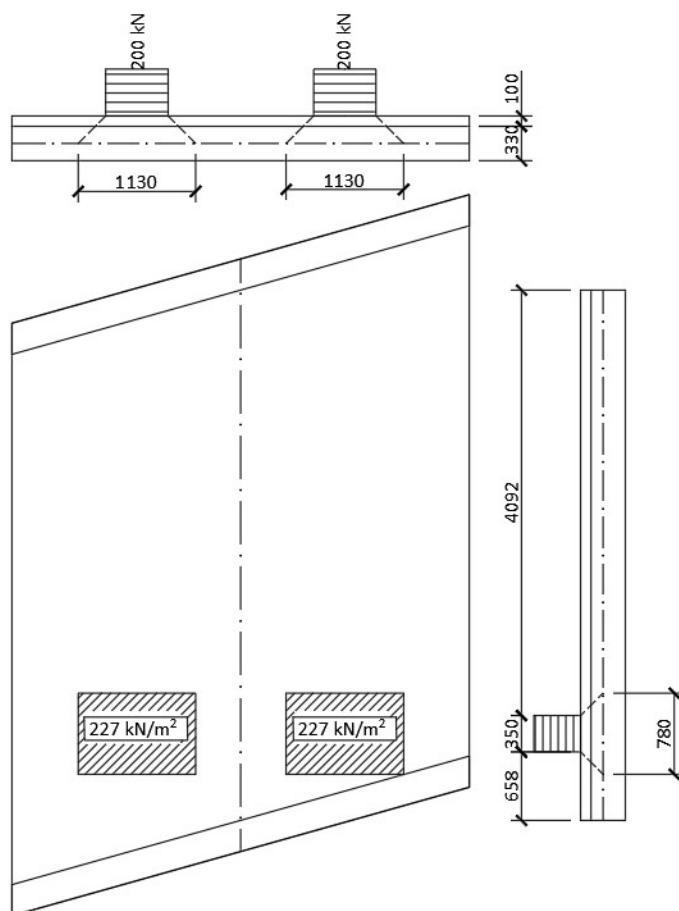
- Posavení uprostřed rozpětí desky pro získání maximálních momentů
- Postavení u kraje desky pro získání max. posouvacích sil
- Postavení za opěrou pro přetížení opěry



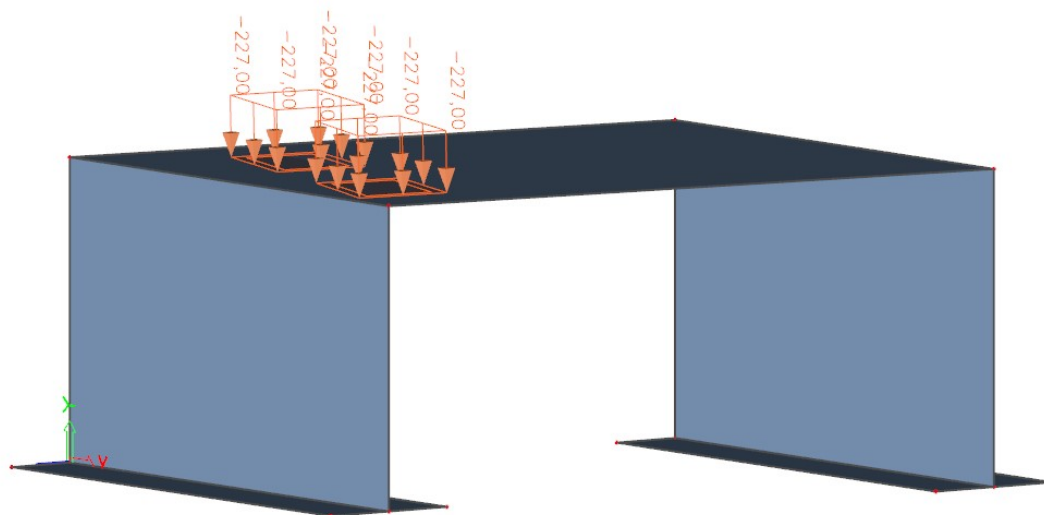
Obr. 27 Roznos zatížení LM2



Obr. 26 Zatížení LM2 v polovině rozpětí



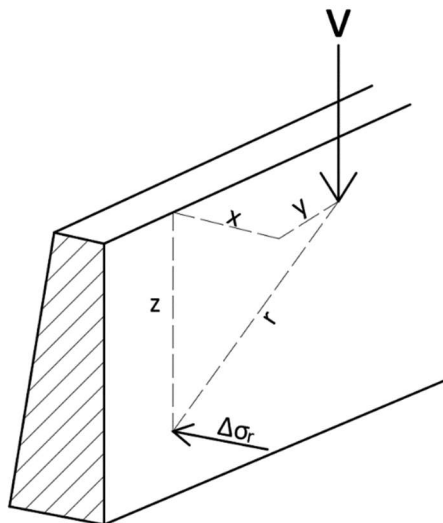
Obr. 29 Roznos zatížení LM2 pro max. v



Obr. 28 Zatížení modelu LM2 pro max. V

Zatížení LM2 za opěrou bylo řešeno jako přírůstek zemního tlaku v klidu od zatížení svislou silou podle ČSN 73 0037.

$$\Delta\sigma_r = \frac{3V}{\pi} \cdot \left[\frac{x^2 z}{r^5} + \frac{1-2\nu}{3} \left(\frac{1}{r(r+z)} - \frac{(2r+z)x^2}{(r+z)^2 r^3} - \frac{z}{r^3} \right) \right]$$

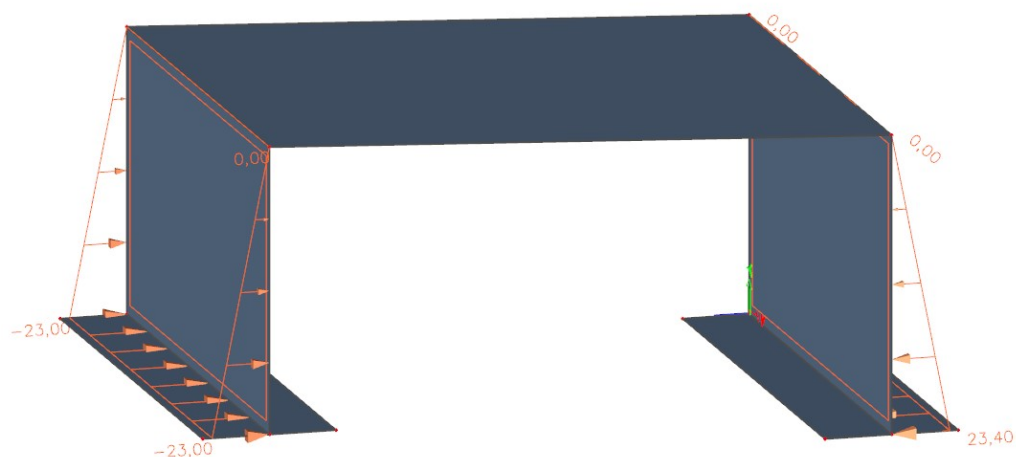


Obr. 30 Přítěžení osamělou silou



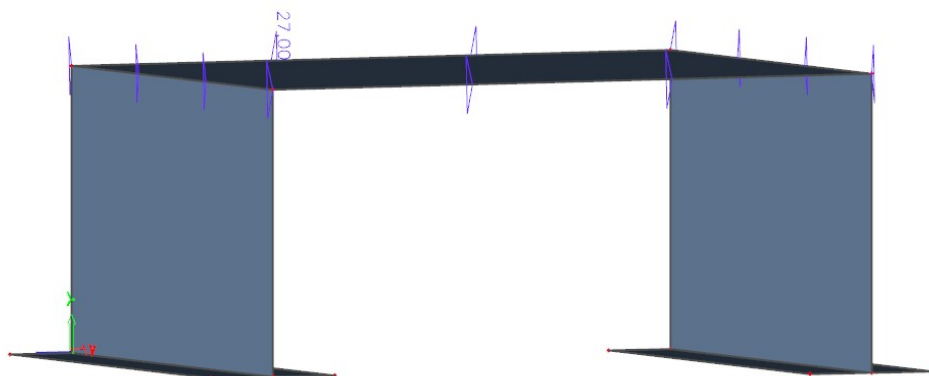
Obr. 31 Zatížení modelu přítěžením od LM2 za opěrou

9.4 Zatížení zemními tlaky



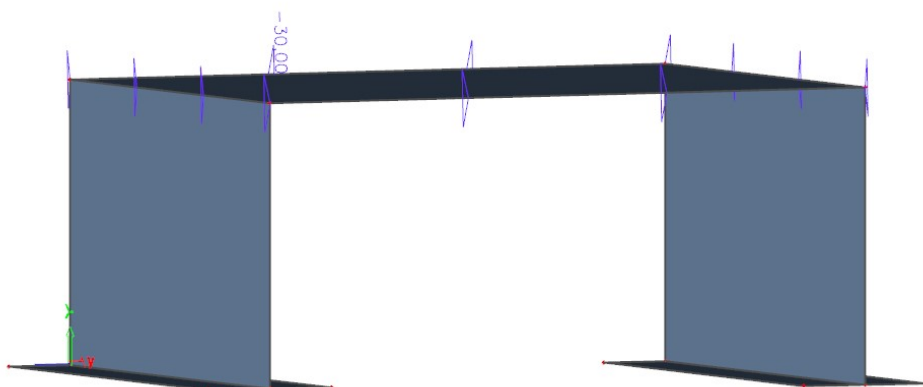
9.5 Zatížení rovnoměrným oteplením

Obr. 32 Zatížení modelu zemními tlaky

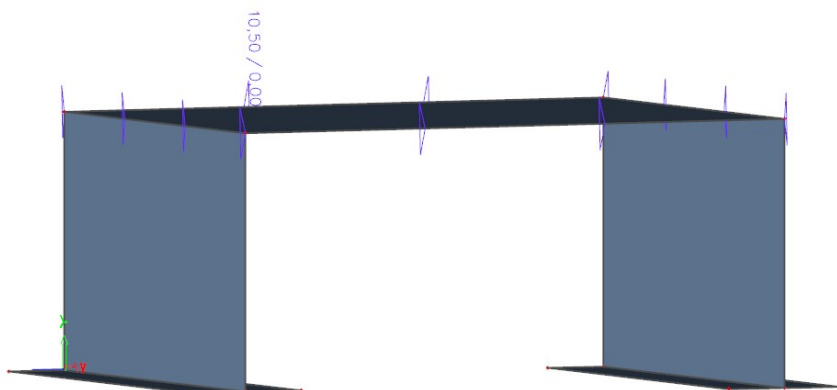


Obr. 33 Zatížení rovnoměrným oteplením konstrukce

9.6 Zatížení rovnoměrným ochlazením



9.7 Zatížení oteplením horního povrchu konstrukce



Obr. 34 zatížení modelu oteplením horního povrchu

10 Kombinace zatížení

10.1 Pro mezní stav únosnosti

Kombinace 6.10a

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}$$

Kombinace 6.10b

$$\sum_{j \geq 1} \xi \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_P P_k + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \sum_{i \geq 2} \gamma_{Qi} \psi_{0i} Q_{ki}$$

10.2 Pro mezní stav použitelnosti

Charakteristická

$$\sum G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Častá

$$\sum G_{k,j} + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Kvazistálá kombinace:

$$\sum G_{k,j} + \varphi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \sum \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

11 Návrh a posouzení desky na MSÚ

Deska je posouzena jako oboustranně vyztužený průřez namáhaný kombinací ohybového momentu a normálové síly.

Posuzované body zatížení:

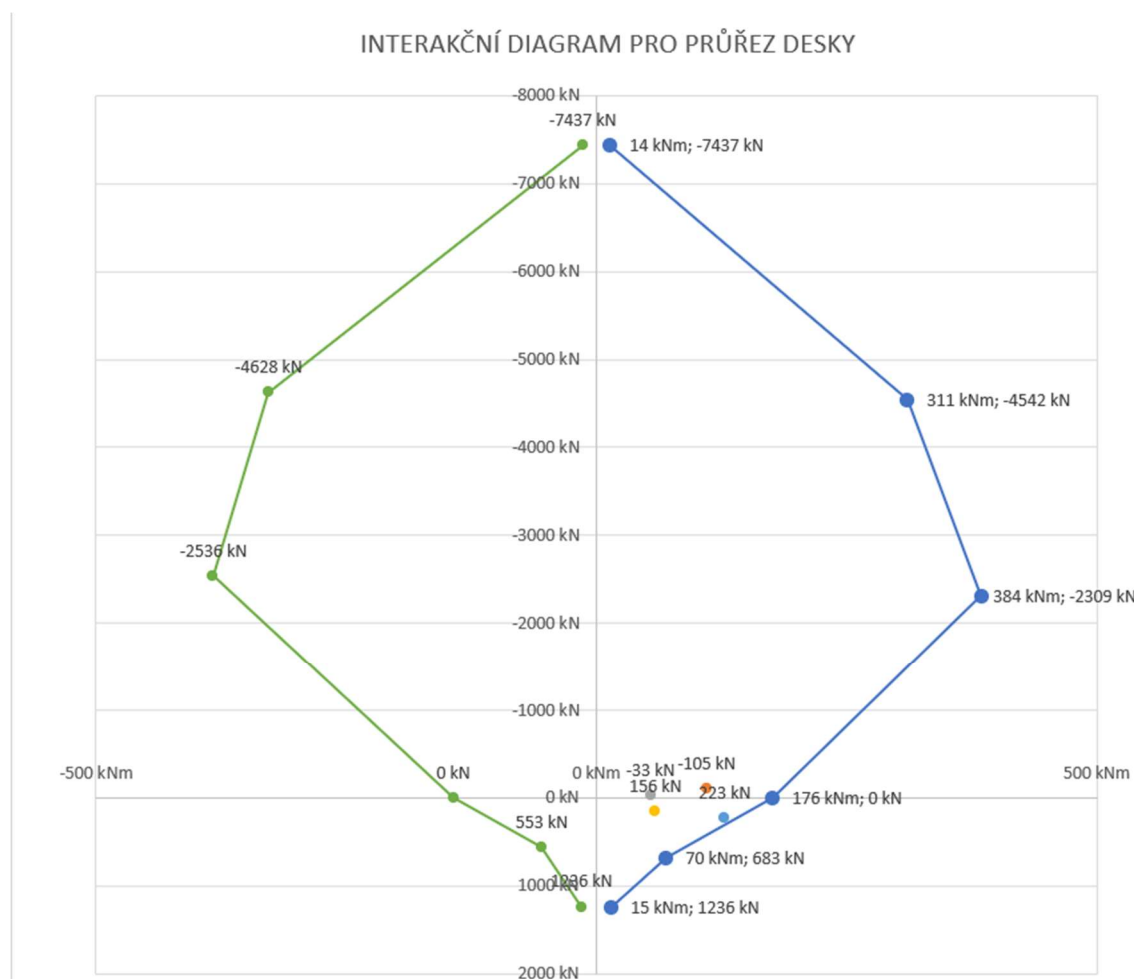
Maximální kladný ohybový momentu a odpovídající normálová síla

Maximální záporný ohybový momentu a odpovídající normálová síla

Maximální záporná normálová síla a odpovídající moment

Maximální kladná normálová síla a odpovídající moment

Interakční diagram desky

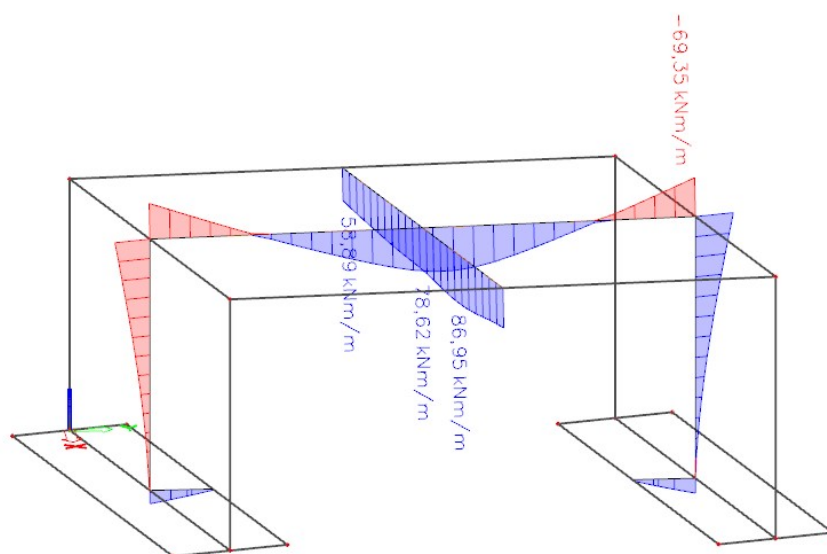


Obr. 35 Interakční diagram desky

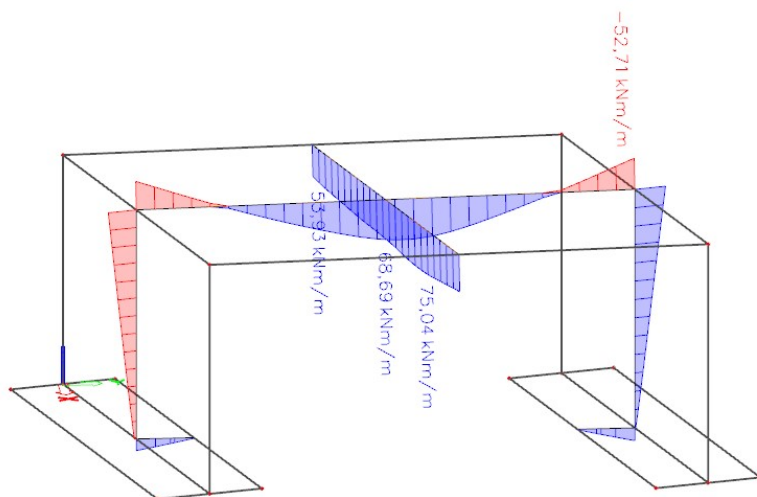
12 Posouzení desky na MSP

Deska byla posouzena v polovině rozpětí.

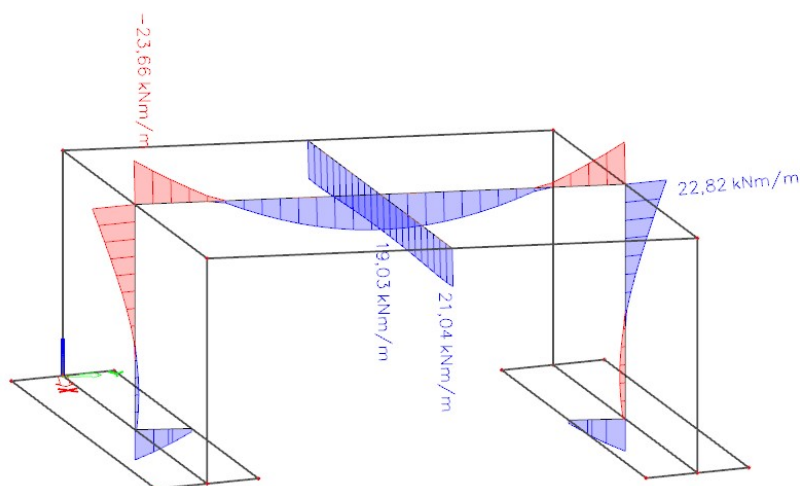
Nejdříve se stanoví ohybový moment pro kombinaci častou, charakteristickou a kvazistálou.



Obr. 36 Průběh ohybových momentů z charakteristické kombinace



Obr. 38 Průběh momentů pro často kombinaci zatížení



Obr. 37 Průběh momentů pro kvazistálou kombinaci

12.1 Omezení napětí

Je třeba ověřit, zda napětí v betonu nepřekročí dané procento pevnosti v betonu.

Ověřuje se

- Překročení tahové pevnosti betonu pro častou kombinaci
- Tlakové napětí nepřekročí 60% charakteristické pevnosti betonu v tlaku pro charakteristickou kombinaci
- Tahové napětí ve výztuži nepřekročí 80% pevnosti oceli pro charakteristickou kombinaci
- Tlakové napětí nepřekročí 45% charakteristické pevnosti betonu v tlaku pro kvazistálou kombinaci
- Tahové napětí ve výztuži nepřekročí 45 % charakteristické pevnosti oceli pro kvazistálou kombinaci.

Konstrukce splňuje všechny tyto podmínky.

12.2 Omezení šířky trhliny

Posuzuje se pro kvazistálou kombinaci.

Šířka trhliny byla stanovena jako 0,09 mm a je tak menší než maximální šířka trhliny 0,2 mm.

12.3 Omezení průhybu

Byl spočítán:

Okamžitý průhyb od zatížení LM2.

Dlouhodobý průhyb.

Průhyb od smršťování.

Celkový průhyb pro častou kombinaci byl stanoven na 11,3 mm a vyhovuje maximálnímu průhybu daným $L/350 = 15,4$ mm

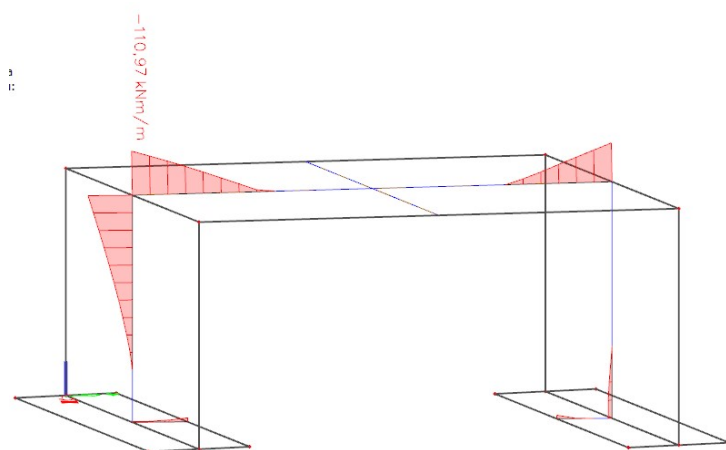
13 Návrh a posouzení rámové stojky – opěry

Opěra je navržena jako ŽB rámová stojka, průřez je navržen jako oboustranně vyztužený, hlavní nosná výztuž je na rubové straně.

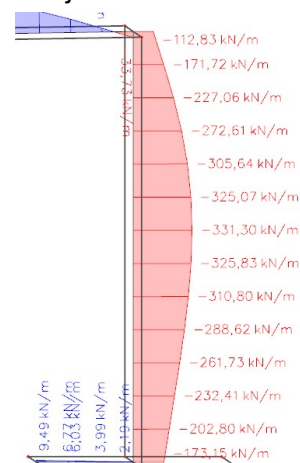
Hlavní nosná výztuž byla navržena na ohybový moment vznikající v rámovém rohu.

13.1 Zatížení

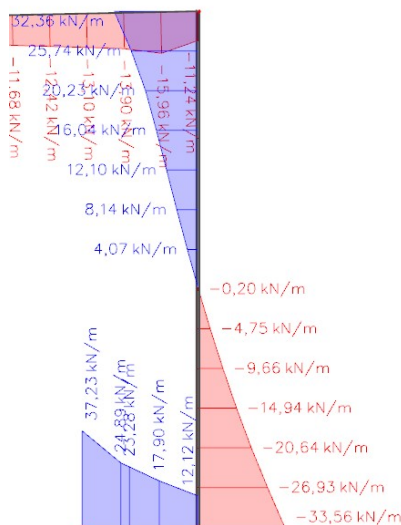
Rozhodující zatížení bylo stanoveno jako kombinace maximálního momentu a odpovídající normálové síly a maximální normálové síly a odpovídajícího momentu.



Obr. 40 průběh dimenzačních momentů



Obr. 39 Průběh maximální záporné normálové síly v opěře



Obr. 41 Průběh posouvajících sil na opěře

13.2 Ohybová výztuž

Navržena na maximální moment jako 5 Φ 16 / m

13.3 Smyková výztuž

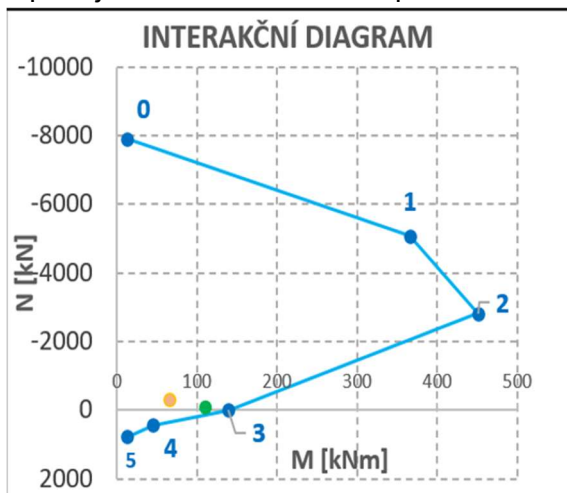
Na opěře působí pouze malé posouvající síly, smyková únosnost betonu tyto síly pokryje.

Pro zajištění tvaru výztuže jsou navrženy spony Φ 8 po 400 / 200

13.4 Posouzení na MSÚ

Bylo provedeno pomocí interakčního diagramu.

Opěra je namáhávána tahem pouze na vnější straně

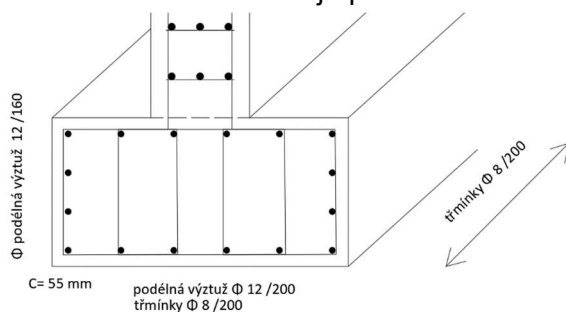


Obr. 42 Interakční diagram opěry

14 Návrh a posouzení základu

Základ je navržen jako ŽB průřez vyztužen pouze konstrukčně.

Hlavní zatížení na základ je přenos svislého zatížení z opěry.



Obr. 43 Vyztužení základu

14.1 Základová spára

Bylo stanoveno napětí v základové spáře 216 kPa a bylo porovnáno s tabulkovou hodnotou podle ČSN 73 1001 $R_d = 350$ kPa

14.2 Výstupek základu

Byl posouzen na překročení tahové pevnosti v betonu, vypočítané tahové napětí výstupku

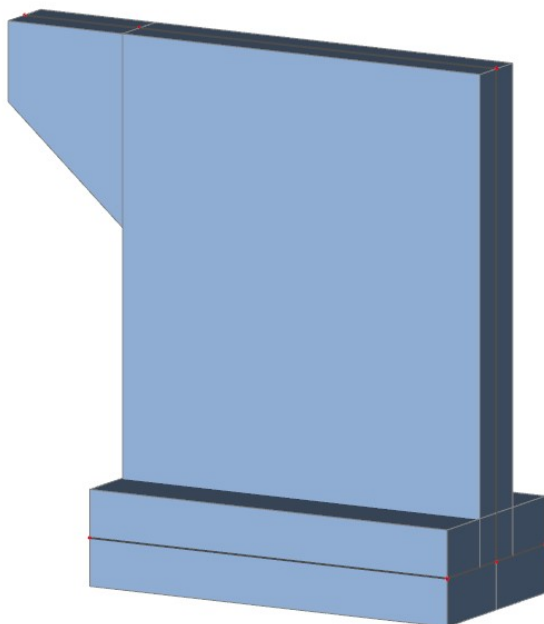
$$\sigma_c = 0,721 \text{ MPa} < f_{ctd} = 1,33 \text{ MPa}$$

15 Mostní křídlo

Mostní křídlo je navrženo jako stěnová konstrukce spojená s opěrou.
Je založeno na stejném průběžném základovém pasu.

15.1 Výpočetní model

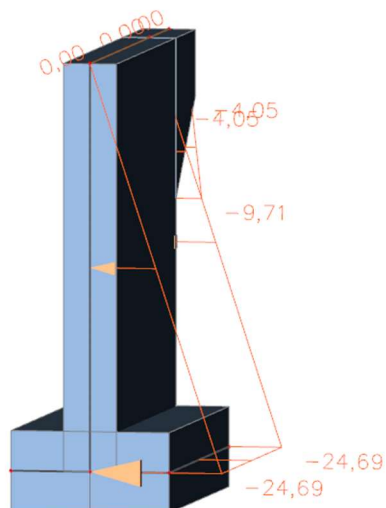
Křídlo bylo vymodelováno jako samostatná konstrukce pomocí skořepin



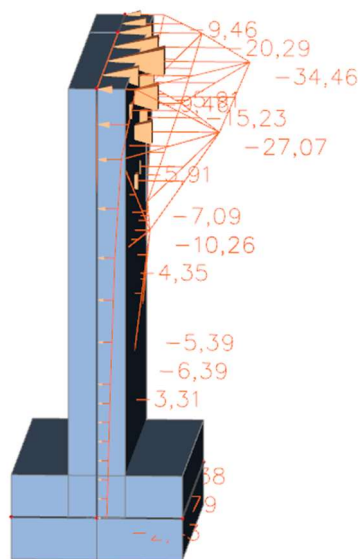
Obr. 44 Axonometrický pohled na mostní křídlo

15.2 Zatížení

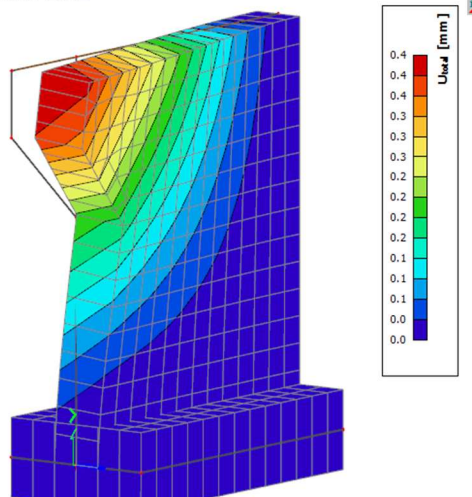
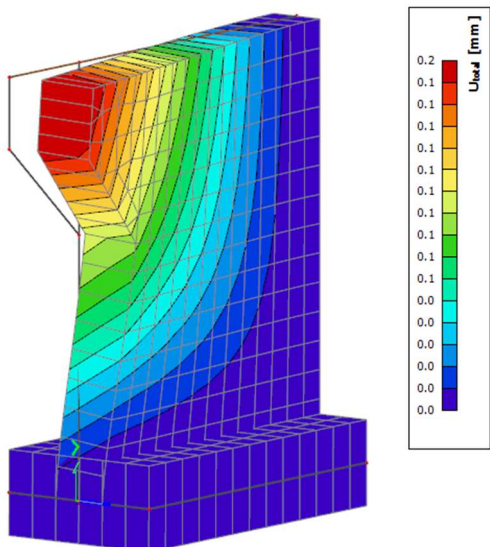
Zatížení je uvažován klidový zemní tlak a přetížení od LM2 které vyvolá přírůstek vodorovného zemního tlaku.



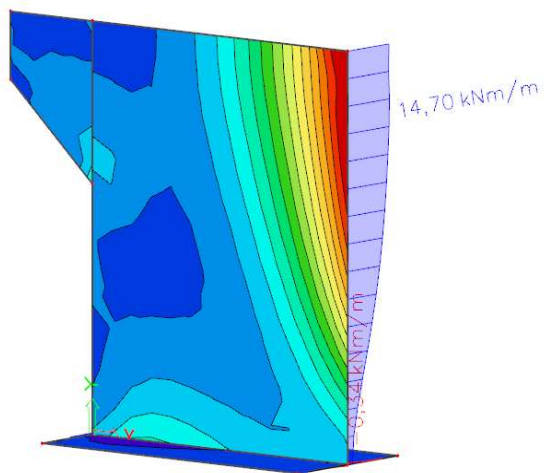
Obr. 45 Zatížení zemním tlakem v klidu



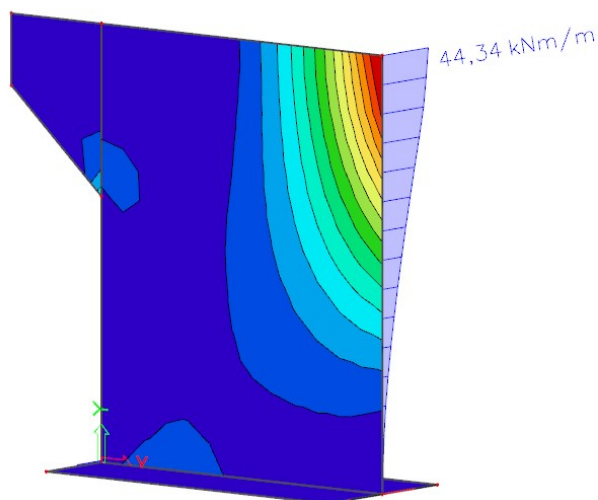
Obr. 46 Přírůstek zemního tlaku v klidu od
přetížení LM2



Obr. 48 Deformace od přetížení LM2



Obr. 47 Moment od zatížením klidovým zemním
tlakem



Obr. 49 Moment od přetížení LM2



15.3 Návrh a posouzení výztuže

Návrh hlavní nosné vodorovné výztuže byl proveden na ohybový moment daný kombinací klidového zemního tlaku a přetížení od LM2.

Hlavní nosná výztuž byla navržena jako 5 Φ 16 / m. Poloha výztuže bude zajištěna sponami.

16 Seznam použité literatury

ČSN 73 6222: Zatížitelnost mostů pozemních komunikací
ČSN EN 1991-1-5: zatížení konstrukcí – část 1–5 Obecná zatížení – Zatížení teplotou
ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou
ČSN 73 0037: Zemní tlak na stavební konstrukce
ČSN 73 1001: Základová půda pod plošnými základy
TP 261

17 Seznam příloh

P1. Použité podklady

P2. Zpráva o zaměření a zjištění podkladů pro další analýzu

P2. Výkresy

P2.1. Situace – stávající stav	M 1:50
P2.2 Podélný řez – stávající stav	M 1:50
P2.3. Příčný řez A-A – stávající stav	M 1:50
P2.4. Příčný řez C-C – stávající stav	M 1:50
P2.5 Situace – nový stav	M 1:50
P2.6 Podélný řez – nový stav	M 1:50
P2.7 Příčné řezy – stávající stav	M 1:50
P2.8 Výkres betonářské výztuže	M 1:25

P3. Statický výpočet

18 Seznam obrázků

Obr. 1 Pohled na stávající most.....	5
Obr. 2 Geometrie stávajícího mostu	5
Obr. 3 Podélný řez stávajícího mostu	6
Obr. 4 příčný řez stávajícím mostem	6
Obr. 5 Oslabený průřez nosníku	7
Obr. 6 Stálá zatížení na stávající most	7
Obr. 7 Schéma zatížení pro výpočet normální zatížitelnosti	8
Obr. 8 Postavení LM2 pro Maximální moment.....	10
Obr. 9 Load Model 2.....	10
Obr. 10 Navržený nový most - příčný řez	11
Obr. 11 Navržený most podélný řez	12
Obr. 12 ŽB deska	12
Obr. 13 Opěra	12
Obr. 14 Materiálové charakteristiky výztuže B500B.....	14
Obr. 15 Materiálové charakteristiky betonu C30/37	14
Obr. 16 Zatížení teplotou.....	15
Obr. 17 Rozdílné posuny.....	15
Obr. 18 Výpočtový model pro konstrukci s a bez působení zeminy	15
Obr. 19 Rozdílné napětí v konstrukcích.....	15
Obr. 20 Podepření konstrukce zemními pružinami	16
Obr. 21 Tuhosti zemních pružin ve vodorovném směru.....	16
Obr. 22 Axonometrický pohled na výpočtový model	17

Obr. 23 Model s podporami	17
Obr. 24 Kontrola výslednice reakcí pro LM2	18
Obr. 25 Ostatní stálé	18
Obr. 26 Zatížení LM2 v polovině rozpětí	19
Obr. 27 Roznos zatížení LM2	19
Obr. 28 Zatížení modelu LM2 pro max. V	20
Obr. 29 Roznos zatížení LM2 pro max. v	20
Obr. 30 Přetížení osamělou silou	21
Obr. 31 Zatížení modelu přetížením od LM2 za opěrou	21
Obr. 32 Zatížení modelu zemními tlaky	22
Obr. 33 Zatížení rovnoměrným oteplením konstrukce	22
Obr. 34 zatížení modelu oteplením horního povrchu	23
Obr. 35 Interakční diagram desky	24
Obr. 36 Průběh ohybových momentů z charakteristické kombinace	24
Obr. 37 Průběh momentů pro kvazistálou kombinaci	25
Obr. 38 Průběh momentů pro často kombinaci zatížení	25
Obr. 39 Průběh maximální záporné normálové síly v opěře	26
Obr. 40 průběh dimenzačních momentů	26
Obr. 41 Průběh posouvajících sil na opěře	26
Obr. 42 Interakční diagram opěry	27
Obr. 43 Vyztužení základu	27
Obr. 44 Axonometrický pohled na mostní křídlo	28
Obr. 45 Zatížení zemním tlakem v klidu	29
Obr. 46 Přírůstek zemního tlaku v klidu od přetížení LM2	29
Obr. 47 Moment od zatížením klidovým zemním tlakem	29
Obr. 48 Deformace od přetížení LM2	29
Obr. 49 Moment od přetížení LM2	29